

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年4月8日 (08.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/030061 A1

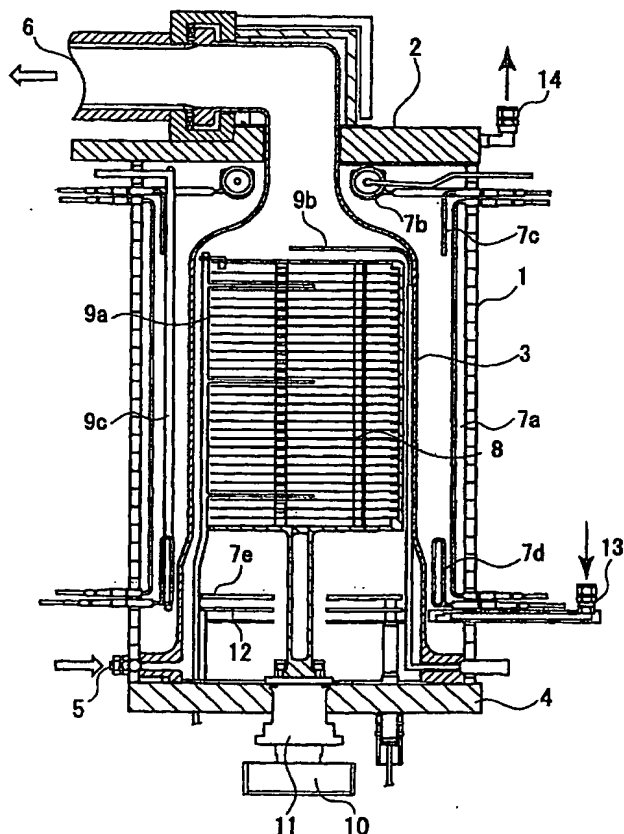
- (51) 国際特許分類: H01L 21/22, 21/31
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011100
(22) 国際出願日: 2003年8月29日 (29.08.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-278046 2002年9月24日 (24.09.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 齋藤 孝規

- (SAITO, Takanori) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP). 山賀 健一 (YAMAGA, Kenichi) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP). 中尾 賢 (NAKAO, Ken) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP).
(74) 代理人: 吉武 賢次, 外 (YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).
(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[続葉有]

(54) Title: HEAT TREATMENT APPARATUS

(54) 発明の名称: 熱処理装置



(57) Abstract: A heat treatment apparatus comprises a heating furnace main body having an opening portion in the upper end, a reaction tube formed of a single tube received inside the heating furnace main body, gas exhaust means connection portion shaped in a reduced diameter form at the upper portion of the reaction tube, a to-be-processed substrate support member for supporting a substrate to be processed, and heating means for heating a substrate to be processed supported by the to-be-processed substrate support member. The heating means has first heating portions arranged around the reaction tube, second heating portions arranged around the gas exhaust means connection portion, third heating portion circumferentially arranged above the reaction tube, fourth heating portions circumferentially arranged below the lower portion of the reaction tube, and a fifth heating portion provided under the to-be-processed substrate support member.

(57) 要約: 本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、を備えた熱処理装置である。前記加熱手段は、前記反応管の周囲に配置された第1加熱部と、前記排気手段接続部の周囲に配置された第2加熱部と、前記反応管の上方部の周囲に配置された第3加熱部と、前記反応管の下方部の周囲に配置された第4加熱部と、前記被処理基板支持部材の下部に配置された第5加熱部と、を有している。

BEST AVAILABLE COPY



添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

熱処理装置

技 術 分 野

本発明は、特に半導体ウェハの熱処理に適した熱処理装置に関する。

背 景 技 術

従来、半導体製造プロセス中において、被処理体である半導体ウェハの表面に、薄膜や酸化膜を積層する工程や、あるいは、不純物の拡散等を行う工程がある。これらの工程において、CVD装置、酸化膜形成装置、あるいは拡散装置等の熱処理装置が用いられている。

これらの熱処理装置においては、複数枚の被処理体であるウェハが、ウェハボートと呼ばれる被処理基板保持部材に垂直方向に配列されて搭載され、高温加熱されたプロセスチューブと呼ばれる反応管内に收容される。そして、反応管内に反応ガスが導入されて、ウェハの熱処理が行われている（特開2001-210631号公報及び特開2001-156005号公報参照）。

従来使用されている縦型熱処理装置の例を図10に示す。

図10において、加熱炉本体1001は、ベースプレート1011上に載置されている。加熱炉本体1001の断熱層の内周面には、抵抗加熱ヒータ1007が設けられている。

加熱炉本体1001の内部には、反応管（プロセスチューブ）が設けられている。反応管は前記の抵抗加熱ヒータ1007によって囲繞されている。反応管は、上端が閉じている外管1003aと、外管1003a内に同心状に設置された内管1003bと、を備えた2重管構造である。反応管は、被処理体であるウェハを処理するための処理雰囲気空間を形成するため、気密に保持されるようになっている。外管1003a及び内管1003bは、それぞれ、例えば石英からなる。

外管1003a及び内管1003bは、各々その下端にて、ステンレス等からなる管状のマニホールド1013に保持されている。マニホールド1013の下

端開口部には、当該開口を気密に封止するための反応管下部蓋体 1004 が、開閉自在に設けられている。

前記反応管下部蓋体 1004 の中心部には、回転軸 1014 が、例えば磁性流体シール 1015 により反応管の気密状態を維持したままで回転可能に挿通されている。回転軸 1014 の下端は、昇降機構 1016 の回転機構に接続されている。回転軸 1014 の上端は、ターンテーブル 1017 に固定されている。前記ターンテーブル 1017 の上方には、保温筒 1012 を介して、被処理体保持具であるウェハポート 1008（被処理基板支持部材）が搭載されている。このウェハポート 1008 に、複数枚の被処理基板であるシリコンウェハ W が、棚状に整列載置されている。ウェハポート 1008 は、例えば石英製である。

前記マニホールド 1013 の下部には、ウェハ処理用のガスを反応管内管 1003b 内に導入するための単数もしくは複数のガス導入管 1005 が、水平に挿設されている。このガス導入管 1005 は、図示しないマスフローコントローラを介して、図示しないガス供給源に接続されている。

また前記マニホールド 1013 の上部には、反応管外管 1003a と反応管内管 1003b との間の間隙から処理ガスを排出して反応管内を所定の減圧雰囲気を設定するように、図示しない真空ポンプに連結された排気管 1006 が接続されている。

ところで、近年、特に半導体製造装置のスループットを上げることが求められており、さまざまな改善がなされている。

半導体ウェハ表面の膜質に影響を及ぼすことなく上記半導体処理プロセスのスループットを上げるためには、予備加熱工程および冷却工程の時間を短縮することが最も実現性が高い。そして、これらの工程の時間を短縮するためには、加熱時間及び冷却時間を短縮する必要がある。そのためには、加熱炉内の部材の熱容量を減少させ、速やかな昇温及び降温を可能にすることが必要である。

ところで、従来の熱処理装置においては、反応管が二重管構造を有しているため、熱容量が大きく、急速加熱および急速冷却には向かない構造であった。

また、この構造の反応管においては、加熱を均一に行うことが困難で、被処理基板であるシリコンウェハの面内温度均一性の改善が望まれていた。

さらに、この反応管内に導入される反応ガスが、未反応のまま比較的溫度の低い反応管内管1003bの天井部に達すると、当該反応管内管天井部において析出固化し、パーティクル発生の原因となるおそれがあった。

そのため、従来の熱処理装置は、最近の半導体熱処理装置のスループット向上、被処理基板の加熱溫度の均一化、および、パーティクル汚染の防止という要請に十分応じられないという問題があった。

発 明 の 要 旨

本発明は、急速昇温及び急速降温に適した熱処理装置であって、かつ、シリコンウェハのような被処理体への加熱の不均一性を改善した熱処理装置を提供することを目的としている。

さらに本発明の他の目的は、溫度管理が容易で、かつ、パーティクルの発生を効果的に防止することができる熱処理装置を実現することである。

本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、を備え、前記加熱手段は、前記反応管の周囲に配置された第1加熱部と、前記排気手段接続部の周囲に配置された第2加熱部と、前記反応管の上方部の周囲に配置された第3加熱部と、前記反応管の下方部の周囲に配置された第4加熱部と、前記被処理基板支持部材の下部に配置された第5加熱部と、を有していることを特徴とする熱処理装置である。

本発明によれば、熱容量の小さい単管の反応管を用いることによって被処理基板の急速昇温及び急速降温が可能である一方、被処理基板への加熱の不均一性が顕著に改善される。

例えば、前記第1加熱部は、前記反応管の長手方向に平行に配置された複数の線状発熱素子によって構成され得る。あるいは、前記第1加熱部は、前記反応管の長手方向に平行に配置された複数のU字状に屈曲した発熱素子によって構成され得る。

また、前記第 2 加熱部は、スパイラル状に配置された線状発熱素子によって構成され得る。

また、前記第 3 加熱部は、スパイラル状に配置された線状発熱素子によって構成され得る、あるいは、前記第 3 加熱部は、つづら折り状に配置された線状発熱素子によって構成され得る。

また、前記第 4 加熱部は、前記反応管の周方向に見て長方形を形成するようなスパイラル状に配置された線状発熱素子によって構成され得る。あるいは、前記第 4 加熱部は、つづら折り状に配置された線状発熱素子によって構成され得る。

また、前記第 5 加熱部は、面状発熱体によって構成され得る。あるいは、前記第 5 加熱部は、前記被処理基板支持部材の下部平面に沿って配置された発熱素子によって構成され得る。

以上において、線状発熱素子は、抵抗発熱体をセラミック中空管状体中に封入して構成され得る。一方、前記面状発熱体も、抵抗発熱体をセラミック中空板状体中に封入して構成され得る。これにより、発熱素子材料に起因する不純物汚染が熱処理装置内にもたらされることがない。ここで、前記セラミックは、石英であることが好ましい。

なお、前記第 2 加熱部は、水平方向に移動可能に支持されていることが好ましい。この場合、熱処理装置の組み立てあるいはメンテナンスのための反応管の加熱炉内への収容作業または撤去作業が、極めて容易に実施され得る。

また、本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に収容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に収容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、を備え、前記被処理基板支持部材は、天板と、底板と、前記天板と前記底板とを結合する複数の支柱と、を有し、前記底板の中央部には、当該被処理基板支持部材を支持するための柱状体が固着されており、前記複数の支柱には、前記被処理基板を支持するための溝部が形成され

ていることを特徴とする熱処理装置である。

本発明によれば、熱伝導の小さい被処理基板支持部材を、容易に製造することができる。

好ましくは、前記柱状体は、石英からなる中空の部材で構成されている。この場合、加工がより容易である他、不純物汚染もより少ない。

また、本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、複数の温度測定素子を中空管状体中に封止して構成された温度測定手段と、を備えたことを特徴とする熱処理装置である。

本発明によれば、温度測定手段による測定結果を利用して、より好適な温度制御が可能である。

好ましくは、前記中空管状体は、石英チューブである。この場合、温度測定素子に起因する不純物汚染を回避できる。

前記温度測定手段は、例えば、前記加熱手段の近傍に配置され得る。

また、例えば、前記中空管状体は、前記反応管下部蓋体から当該反応管内に回転自在に挿入され得る。前記中空管状体は、前記反応管下部蓋体に対して、回転自在かつ着脱自在に支持され得る。更に、前記中空管状体は、前記被処理基板支持部材に対しても、着脱自在に支持され得る。この場合、前記中空管状体は、熱処理装置の組み立て時、立ち上げ時、定常稼働時、等の状況に応じて、適宜に撤去が可能である。

また、好ましくは、前記被処理基板支持部材は、複数の被処理基板を水平に支持するようになっており、前記中空管状体の一部は、前記被処理基板支持部材により支持される複数の被処理基板間の間隙に位置できるようになっている。

また、好ましくは、前記中空管状体は、枝分かれした分岐部を有しており、複

数の温度測定素子は、前記分岐部中にも配置され得る。

また、好ましくは、前記中空管状体は、前記反応管の内部壁面に沿って上方に伸びる鉛直部と、前記鉛直部から前記反応管の上方部において屈曲する屈曲部と、前記屈曲部から水平に伸びる水平部と、を有している。多数の被処理基板が支持される時には、当該被処理基板の上部位置、中間位置、及び、下部位置の温度が測定されるようになっていたことが好ましい。

この場合、更に好ましくは、前記中空管状体は、前記鉛直部から前記反応管の長手方向の中間部において分岐する分岐部と、前記分岐部から水平に伸びる第2水平部と、を更に有する。

また、好ましくは、前記中空管状体は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙に配置されている。この場合も、多数の被処理基板が支持される時には、当該被処理基板の上部位置、中間位置、及び、下部位置の温度が測定されるようになっていたことが好ましい。

また、本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、複数の温度測定素子を第1中空管状体中に封止して構成された第1温度測定手段と、複数の温度測定素子を第2中空管状体中に封止して構成された第2温度測定手段と、複数の温度測定素子を第3中空管状体中に封止して構成された第3温度測定手段と、を備え、第1中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の長手方向の中間部から水平に伸びており、第2中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の上方部から水平に伸びており、第3中空管状体の少なくとも一部は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙に配置されていることを特徴とする熱処理装置である。

本発明によれば、熱容量の小さい単管の反応管を用いることによって被処理基板の急速昇温及び急速降温が可能である一方、熱処理装置の製造時、立ち上げ時、

定常運転時、メンテナンス時、調整時などにおいて、精度および確度の高い温度測定が可能であり、より好適な温度制御が実現できる。

また、本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、複数の温度測定素子を第2中空管状体中に封止して構成された第2温度測定手段と、複数の温度測定素子を第3中空管状体中に封止して構成された第3温度測定手段と、を備え、第2中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の上方部から水平に伸びており、第3中空管状体の少なくとも一部は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙に配置されていることを特徴とする熱処理装置である。

本発明によれば、熱容量の小さい単管の反応管を用いることによって被処理基板の急速昇温及び急速降温が可能である一方、特に熱処理装置の定常運転時において、精度および確度の高い温度測定が可能であり、より好適な温度制御が実現できる。

また、本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙の上方部及び下方部にそれぞれ形成された2つの開孔と、を備え、前記開孔の一方から冷却用媒体が導入され、前記開孔の他方から当該冷却用媒体が排出されて、前記反応管が冷却されるようになっていることを特徴とする熱処理装置である。

本発明によれば、熱処理装置のスループットが向上される。

また、本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持された被処理基板を加熱するための加熱手段と、前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、複数の温度測定素子を第2中空管状体中に封止して構成された第2温度測定手段と、複数の温度測定素子を第3中空管状体中に封止して構成された第3温度測定手段と、を備え、前記加熱手段は、前記反応管の周囲に配置された第1加熱部と、前記排気手段接続部の周囲に配置された第2加熱部と、前記反応管の上方部の周囲に配置された第3加熱部と、前記反応管の下方部の周囲に配置された第4加熱部と、前記被処理基板支持部材の下部に配置された第5加熱部と、を有しており、第2中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の上方部から水平に伸びており、第3中空管状体の少なくとも一部は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙に配置されていることを特徴とする熱処理装置である。

あるいは、本発明は、上端に開口部を有する加熱炉本体と、前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、前記被処理基板支持部材により支持された被処理基板を加熱するための加熱手段と、前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、複数の温度測定素子を第1中空管状体中に封止して構成された第1温度測定手段と、複数の温度測定素子を第2中空管状体中に封止して構成された第2温度測定手段と、複数の温度測定素子を第3中空管状体中に封止して構成された第3温度測定手段と、を備え、前記加熱手段は、前記反応管の周囲に配置された第1加熱部と、前記排気手段接続部の周囲に配置された第2加熱部と、前記反応管の上方部の周囲に配置された第3加熱部と、前記反応管の下方部の周囲に配置された第4加熱部と、前記被処理基板支

持部材の下部に配置された第 5 加熱部と、を有しており、第 1 中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の長手方向の中間部から水平に伸びており、第 2 中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の上方部から水平に伸びており、第 3 中空管状体の少なくとも一部は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙に配置されていることを特徴とする熱処理装置である。

これらの本発明によれば、熱容量の小さい単管の反応管を用いることによって被処理基板の急速昇温及び急速降温が可能である一方、被処理基板への加熱の不均一性が顕著に改善される。

好ましくは、前記排気手段接続部の周囲に、温度制御手段が設けられている。これにより、排気手段接続部におけるパーティクルの発生が効果的に防止され得る。例えば、前記温度制御手段は、断熱材である。あるいは、前記温度制御手段は、抵抗加熱ヒータである。前記温度制御手段は、可撓性を有するか、あるいは、予め成形されていることが好ましい。

例えば、前記排気手段は、端部にフランジが形成された排気配管であり、前記排気手段接続部の端部には、フランジが形成されており、前記排気手段接続部の端部のフランジと前記排気配管の端部のフランジとが、シール手段を介して気密に接続されている。この場合、前記温度制御手段は、フランジ内に設けられた流体流通孔を有することが好ましい。

更には、排気手段接続部が屈曲していることが好ましい。これにより、反応管からの放射熱による排気配管への影響が抑制され、排気手段接続部及び排気配管の温度制御が容易となる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る熱処理装置の概略断面図である。

図 2 は、第 1 の実施の形態の熱処理装置で用いられるスパイラル状発熱体を示す概略図であり、図 2 (a) は図 1 の部分拡大図、図 2 (b) は図 2 (a) のスパイラル状発熱体を上方から見た図である。

図 3 は、第 1 の実施の形態の熱処理装置で用いられるつづら折り状発熱体を示す概略斜視図である。

図 4 は、第 1 の実施の形態の熱処理装置で用いられる扁平スパイラル状発熱体を反応管の示す概略図であり、図 4 (a) は図 1 の部分拡大図、図 4 (b) は図 4 (a) の扁平スパイラル状発熱体を右側方から見た図である。

図 5 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る熱処理装置の概略断面図である。

図 6 は、本発明の第 2 の実施の形態における温度測定素子の移動について説明するための熱処理装置の要部概略断面図である。

図 7 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る熱処理装置の概略断面図である。

図 8 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る熱処理装置の概略断面図である。

図 9 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る熱処理装置の要部概略断面図である。

図 10 は、従来の熱処理装置の概略断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下図面を用いて本発明の熱処理装置の実施の形態を説明する。

<第 1 の実施の形態>

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る熱処理装置の概略断面図である。本実施の形態の熱処理装置は、上端が開孔している加熱炉本体 1 と、加熱炉本体の上部に配置された加熱炉蓋体 2 と、加熱炉本体 1 の内部にその主要部が配設されている反応管 3 と、を備えている。加熱炉蓋体 2 には、反応管 3 の上部から延出する反応管の狭径部が挿通可能な開孔が設けられている。反応管 3 の底部開口部には、反応管 3 の内部を気密に保持するための反応管下部蓋体 4 が設けられている。反応管 3 の内部に配置される被処理基板支持部材 8 には、シリコンウエハなどの被処理基板 W が担持されるようになっている。これらシリコンウエハなどの被処理基板 W は、加熱手段 7 によって加熱されるようになっている。

本実施の形態の熱処理装置において、加熱炉本体 1 は、上端に開口部を有している。当該開口部には、加熱炉本体蓋体 2 が覆設されている。加熱炉本体蓋体 2 の中央部には、開口部が設けられている。一方、反応管 3 の上端部は、突出して、排気配管接続部 6 を形成している。従って、反応管 3 が加熱炉本体 1 の内部に配設された後、加熱炉本体蓋体 2 の開口部に排気配管接続部 6 を貫通させて、加熱

炉本体 1 上に加熱炉本体蓋体 2 が覆設される。加熱炉本体蓋体 2 は、複数に分割可能な部材を組み合わせて構成されることが、望ましい。

また、加熱炉本体 1 の内壁面には、筒状の熱反射体が設けられていることが望ましい。この熱反射体は例えばアルミニウムからなり、その内面が鏡面として形成されていて後述の加熱手段からの輻射熱の放熱を抑えている。この熱反射体の内部には、冷媒流路である例えば冷却水路がコイル状に形成され得る。なお、冷媒流路は、細い水路状の代わりに広い空間状に形成されてもよい。

(反応管)

上記加熱炉本体 1 内に配置されている上記反応管 3 は、石英ガラスや炭化ケイ素などのセラミックからなる単管式の反応管である。反応管 3 は、底部開口部と、被処理基板支持部材を囲繞する反応管直胴部 3 a と、上部に位置し径が細くされた狭径化部 3 b と、狭径化部 3 b の上部でおおよそ 90° 屈曲して形成された屈曲部 3 c と、屈曲部 3 c からさらに前記反応管 3 の直径方向に延出して反応ガスなどを排出するための排気ガス排出口 6 と、を有している。また、該反応管の下部には、反応管下部フランジ 3 d が反応管下部蓋体 4 との気密性を確保するように形成されている。そして、反応管下部フランジ 3 d には、少なくとも 1 本の反応ガス導入管 5 が配設されている。この反応ガス導入管 5 から、半導体ウエハなどの被処理基板を処理するための反応ガスが供給されるようになっている。

また、この反応管 3 下部には、ステンレススチールなどでできているマニホールドを配設することもできる。この場合、反応管 3 の下部開孔面とこのマニホールドとが、Ｏリングなどの手段で気密に接続される。この場合、上記反応ガス導入管は、マニホールドの側面に挿設され得る。また、マニホールド下部には、Ｏリングを介して反応管下部蓋体 4 が接続され得る。これにより、反応管内が気密に保持され得る。

(被処理基板支持部材)

この反応管 3 の内部には、複数、例えば 126 枚程度、の半導体ウエハなどの被処理基板 W を垂直方向に等ピッチで各々水平に保持する石英などのセラミック

ス製ウェハボートなどと呼ばれている被処理基板支持部材 8 が配置されている。このウェハボートは、天板 8 a と、底板 8 c と、天板 8 a と底板 8 c とを固着接合するための複数の支柱 8 b と、底板 8 c の中央部に固着された支持体 8 d と、からなっている。各支柱 8 b には、被処理基板を水平に保持するための溝が形成されている。これらの溝は、被処理基板 W の周縁部を支承するようになっている。

そして、支持体 8 d が、回転駆動装置 10 の回転軸に、反応管下部蓋体 4 の中央部に配設された磁性流体シールのようなシーリング装置 11 を貫通して接続されている。これにより被処理基板支持部材 8 が、熱処理工程中に回転運動できるようになっている。

また、被処理基板支持部材 8、反応管下部蓋体 4、シーリング装置 11 及び回転駆動装置 10 は、図示しない昇降自在な昇降機構に接続されており、被処理基板支持部材 8 は反応管 3 から外部に取り出され得るようになっている。反応管 3 から外部に取り出された位置において、被処理基板支持部材 8 には被処理基板 W が移載可能になっている。

(加熱手段)

前記加熱手段 7 は、前記反応管 3 の直胴部 3 a の周囲に配置される第 1 の加熱手段 (第 1 の加熱部) 7 a と、前記反応管 3 の狭径化部 3 b の周囲に配置される第 2 の加熱手段 (第 2 の加熱部) 7 b と、前記反応管 3 の直胴部 3 a の上部の周囲に配置される第 3 の加熱手段 (第 3 の加熱部) 7 c と、前記反応管 3 の直胴部 3 a の下部の周囲に配置される加熱手段 (第 4 の加熱部) 7 d と、前記反応管 3 内部の被処理基板支持部材 8 の下方に配置される第 5 の加熱手段 (第 5 の加熱部) 7 e と、からなっている。以下各加熱手段について詳述する。

(加熱手段 1)

第 1 の加熱手段 7 a は、反応管 3 の直胴部 3 a の周囲に反応管 3 の長手方向に沿って平行に配置された複数本の線状発熱素子からなる。具体的には、数センチオーダの間隔で、多数の線状発熱素子が配置されている。直線状の線状発熱素子が前記反応管 3 の長手方向に平行に配置される代わりに、U 字状に屈曲された複

数の線状発熱素子が、前記反応管 3 を囲繞するように配置されても良い。

この線状発熱素子は、高純度の線状の可撓性のある抵抗発熱体である。ここでは、線径 10 μ m 前後のカーボンファイバの複数の束を編み込むことによって形成されたカーボンワイヤが、直管状の石英チューブのような外径十数mmのセラミックチューブ内に配置されている。そして、セラミックチューブの端部が、外部への電力供給用の端子と接続できるように封止されている。

このような線状発熱素子は、熱容量が小さいため、動的な温度特性に優れている。従って、急速昇降温が可能でかつその制御も容易であるという特徴を有している。

このような第 1 の加熱手段 7 a は、図示しない制御装置によって制御された電力によって駆動される。この際に、第 1 の加熱手段 7 a のすべてに同一の電力が供給されても良いが、第 1 の加熱手段 7 a を複数のグループに分け、それぞれのグループ毎に異なる電力を供給して複数のグループ毎に発熱量を制御することもできる。

また、第 1 の加熱手段の複数のグループは、直列に接続されて駆動されても良いし、並列に接続されて駆動されても良い。

(加熱手段 2)

第 2 の加熱手段 7 b は、反応管 3 の直胴部 3 a の上部の狭径化部 3 b の周囲に配置されている。具体的には、図 2 (a) 及び図 2 (b) に示すように、線状発熱素子がスパイラル状に捲回された構造を有している。このような構造によれば、単位体積あたりの発熱量を上昇させることができる。

第 2 の加熱手段 7 b は、前記反応管 3 の狭径化部 3 b の周囲の複数箇所に配置されており、被処理基板支持部材 8 の最上位に支持された被処理基板 W の中心部を加熱するようになっている。この被処理基板支持部材 8 の最上位に支持された被処理基板 W の中心部の上方領域は、反応管 3 内のガスを排気する排気ガス排出口 6 に近く、また、前記第 1 の加熱手段 7 a から最も遠いため、温度低下が発生しやすい。そこで、例えばスパイラル状の第 2 の加熱手段 7 b を配置して、被処理基板支持部材 8 の最上位に支持された被処理基板 W の中心部を加熱することに

より、被処理基板の面内温度の不均一性が改善され得る。

スパイラル状の発熱素子に接続されている端子は、加熱炉本体 1 から外部に取り出されており、図示しない制御装置から電力供給されるようになっている。

前述のスパイラル状の加熱素子は、上記第 1 の加熱手段 7 a の線状発熱素子と同様に、例えば、石英のような電気絶縁性及び耐熱性を有する材料のチューブ内に配置された抵抗発熱体であるカーボンワイヤで構成され得る。これらチューブ及び抵抗発熱体の材質は、石英あるいはカーボンに限定されず、同等の機能を有する材料であり得る。

スパイラル状の加熱素子は、反応管 3 の狭径化部 3 b の周囲の 4 箇所に配置されることが好ましい。この場合、その内の少なくとも 1 つは、水平方向に移動可能となっていることが好ましい。

この場合、熱処理装置の組み立て時の作業あるいはメンテナンスなどのための分解時の作業に、支障が生じることがない。

(加熱手段 3)

第 3 の加熱手段 7 c は、反応管 3 の直胴部 3 a の上部に、これを囲繞するように複数配置されている。具体的には、図 3 に示すように線状発熱素子がつづら折り状に屈曲された構造、または、図 2 (a) および図 2 (b) に示すように線状発熱素子がスパイラル状に捲回された構造を有することができる。図 3 に示す例では、線状発熱素子 3 1 の両端部に電力供給端子 3 2 が接続されている。第 3 の加熱手段 7 c も、上記第 1 および第 2 の加熱手段 7 a, 7 b と同様、石英チューブに収容されたカーボンワイヤヒータで構成されることが好ましい。

このような第 3 の加熱手段 7 c を配置することによって、反応管 3 の上部における加熱の均一性を改善することができる。

(加熱手段 4)

第 4 の加熱手段 7 d は、前記反応管 3 の直胴部 3 a の下部に、これを囲繞するように複数配置されている。具体的には、図 4 (a) 及び図 4 (b) に示すように、上記第 1 ないし第 3 加熱手段の線状発熱素子と同様の線状加熱素子が扁平ス

パイラル状に捲回された構造、または、図 3 に示すように線状発熱素子がつづら折り状に屈曲された構造を有することができる。

このような第 4 の加熱手段 7 d を配置することによって、反応管 3 下部からの熱の散逸が防止され、被処理基板支持部材 8 の最下部に支持された被処理基板 W の温度の低下を防止することができる。従って、第 4 の加熱手段 7 d は、前記被処理基板支持部材 8 の底板より下方に配置されることが好ましい。

第 4 の加熱手段 7 d の具体的な形状や配置数については、反応管 3 内の熱計算に基づいて、適宜に設計され得る。

(加熱手段 5)

第 5 の加熱手段 7 e は、前記反応管 3 内に配置されている被処理基板支持部材 8 の下部底板から下方に向かって熱が散逸し被処理基板支持部材 8 の下部において温度低下が生ずるのを防止するために配置されている。そのために、この第 5 の加熱手段 7 e は、例えば、円盤状の面状発熱体、あるいは、発熱素子を被処理基板支持部材 8 の底部平面に沿って配置して構成した面状発熱体からなる。第 5 の加熱手段 7 e の中央部には開口部が形成されている。当該開口部には、上記被処理基板支持部材 8 を支持する柱状体 8 d が挿通されるようになっている。

第 5 の加熱手段 7 e を形成する面状発熱体は、例えば、円盤状に形成された膜状抵抗発熱体であっても良いし、平面上に密に配置された線状抵抗発熱体であっても良い。線状抵抗発熱体が用いられる場合には、金属不純物の少ない線状の抵抗発熱体がセラミック例えば石英の中に封入され得る。例えば、厚さ 8 mm 程度の石英製の円板状体（石英プレート）中に、高純度の炭素素材よりなるカーボンワイヤなどの発熱線が、渦巻状あるいはつづら折り状に配置され得る。また、互に隣り合う発熱線の間に石英を介在させてもよい。この場合、石英よりなる渦巻状の区画壁の間に発熱線が配線されることになる。面状発熱体は、保温効果を大きくするために、被処理基板 W と同じかそれよりも大きいサイズであることが好ましい。

また、複数の発熱体を用いて第 5 の加熱手段 7 e を形成する場合には、ブロック状発熱体などの任意の形状の発熱体が被処理基板支持部材 8 の底部平面に沿っ

て配置され得る。複数の発熱体は、加熱温度が均一になるように配置され得る。

面状発熱体を用いる場合には、例えば、当該面状発熱体の下面側の周方向に3等分した周縁部位に石英よりなる支柱が設けられ得る。これら支柱は、反応管下部蓋体に固定される。これら3本の支柱のうちの1本は、管状体により構成され得る。ヒータ線の両端部は、例えば面状発熱体の周縁部の一ヶ所に集められる。このヒータ線に接続された一对の給電路部材、例えば前記ヒータ線と同じ材質の給電線、が細い石英管の中を通され、更にこの石英管が管状体（支柱）の中を通される。これにより、前記給電線は蓋体の外に配線され得るようになっている。この給電線に外部の電源部を接続することにより、ヒータ線は発熱することになる。残りの2本の支柱は管状体であってもロッド体であってもよい。

また、面状発熱体で形成された第5の加熱手段7eの下方には、間隙を介して、当該面状発熱体7eと平行に、中央に開口部を有する熱反射体12が配置されることが好ましい。熱反射体12は、面状発熱体が発する熱を反射して下方に散逸しないようにしている。また、設けられる熱反射体12は、1枚であっても良いし複数枚であっても良い。面状発熱体と熱反射体とは、ほぼ同形状とすることが好ましい。面状発熱体と熱反射体12とは、図1に示すように、反応管下部蓋体4に固着されている。

熱反射体12は、例えば、不透明石英や炭化珪素などで構成することができる。

本実施の形態における5種の加熱手段7a～7eは、図示しない制御装置によって個別に制御され（適切に電力供給がなされ）、それぞれの発熱量が制御される。これにより、反応管3内の温度分布が均一化され得る。

上述の加熱手段7a～7eによれば、温度管理が容易で、かつ、パーティクルの発生を効果的に防止することができる。更には、熱容量が小さいため、急速昇温及び急速降温に適しており、シリコンウェハのような被処理体への加熱の不均一性を格段に改善することができる。

本実施の形態においては、5種類の加熱手段7a～7eによって、反応管3内に配置される被処理基板Wの加熱が行われている。これら加熱手段7a～7eは、協働して、被処理基板Wの面内温度分布を可能な限り均一にする。なお、加熱炉

本体 1 内の容積による制限が許す限り、更に他の加熱手段を併用することは差し支えない。

< 第 2 の実施の形態 >

本実施の形態では、前述の第 1 の実施の形態の熱処理装置に加えて、被処理基板の熱処理温度を計測するための温度測定手段が設けられる。本実施の形態の熱処理装置の概略を図 5 に示す。図 5 に示すように、本実施の形態においては、3 つの温度測定手段が配設されている。図 5 において、図 1 の部材と同一の機能を有する部材については同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

以下、本実施の形態において特徴的な温度測定手段を中心に説明する。

(第 1 の温度測定手段)

第 1 の温度測定手段 9 a は、直線状の中空管状体からなる主軸部と、当該主軸部の中間位置において当該主軸部に垂直な方向に枝分かれした分枝部と、を有している。そして、分枝部には、熱電対のような公知の温度計測素子が封入されている。ここで、複数の位置の温度を同時に測定できるように、複数の温度計測素子が封入されていることが好ましい。なお、前記中空管状体は、例えば炭化珪素や石英チューブのようなセラミックから形成されている。

温度測定手段 9 a は、反応管下部蓋体 4 に垂直に配置されている。より具体的には、温度測定手段 9 a は、反応管下部蓋体 4 に垂直な軸を中心として回転できるように、反応管下部蓋体 4 に気密を維持するように形成された垂直な開孔に挿入されている。すなわち、反応管 3 内を上部から見た断面図である図 6 に見られるように、温度測定手段 9 a の分枝部は、その先端部が被処理基板支持部材 8 の天板 8 a の中心部付近に位置する配置状態（位置 A）と、その先端部が被処理基板支持部材 8 の天板 8 a の外側に位置する配置状態（位置 B）との間で、回転可能となっている。そして、温度測定手段 9 a が位置 A に配置されている際に、温度測定手段 9 a の分枝部に複数配置された温度測定素子によって、被処理基板の表面の複数の位置の温度を測定することができる。これにより、被処理基板の面内温度分布を観測できる。また、温度測定手段の分枝部を位置 B に移動させるこ

とによって、被処理基板の周縁部の温度を測定することができる。

この温度測定手段 9 a において、温度測定の精度向上のためには、主軸部から枝分かれする分枝部は複数設けられることが好ましい。特に、複数枚配置されている被処理基板 W の上部間隙、中間部間隙および下部間隙の少なくとも 3 カ所に配置されることが望ましい。

本実施の形態の温度測定手段 9 a は、反応管下部蓋体 4 に形成された開孔を介して、反応管内部に脱着自在に配設されている。熱処理装置の立ち上げ時等に熱処理装置の加熱特性を評価する際には、被加熱体である被処理基板の表面温度を測定する必要がある。この目的のために、主としてこの温度測定手段 9 a が用いられる。一方、定常的な熱処理装置の稼働時には、温度測定手段 9 a を用いる必要性は少ない。従って、定常的な熱処理装置の稼働時には、温度測定手段 9 a を、熱処理工程の障害にならないように、熱処理装置外に取り出すことができる。

さらに、前記中空管状体の主軸部の上端部は、被処理基板支持部材 8 の天板 8 a によって着脱自在に固着支持されることが好ましい。これによって、中空管状体の主軸部が熱処理装置稼働中に振動することなく、安定して温度測定を行うことができるようになる。

(第 2 の温度測定手段)

第 2 の温度測定手段 9 b は、前記第 1 の温度測定手段 9 a と同様に、炭化珪素や石英チューブのようなセラミック中空体の内部に封入された熱電対のような温度計測素子である。第 2 の温度測定手段 9 b は、前記反応管下部フランジ 3 d から前記反応管 3 の壁面に沿って上方に延設され、該反応管 3 の上部で該反応管 3 の中心部に向かって屈曲している。中空管状体の複数の位置に、複数の温度計測素子が封入されている。このような第 2 の温度測定手段 9 b は、熱処理装置の定常的な稼働時に作動して、被処理基板の近傍の温度を計測する。これにより、熱処理装置の定常的な運転状況を把握することができる。

(第 3 の温度測定手段)

第 3 の温度測定手段 9 c も、前記第 1 及び第 2 の温度測定手段 9 a、9 b と同

様に、セラミック中空管状体の内部に温度計測素子を封入して形成されている。第3の温度測定手段9cは、加熱炉本体1と反応管3とで形成される空隙内に、反応管3の長手方向に平行に配置される。温度測定手段9cの中空管状体の内部には、複数の温度計測素子が配置されている。これにより、精度の良い温度計測が可能となっている。このような第3の温度測定手段9cは、熱処理装置の定常的な稼働時に作動して、反応管3の周辺の温度を計測する。これにより、熱処理装置の運転状況を把握することができる。

本実施の形態においては、前述の第1の実施の形態の装置に、温度測定手段9a～9cが配置されたものである。これにより、精度の良い温度計測が行われ、熱処理装置の運転条件の把握が可能となっている。そして、これらの温度測定手段9a～9cによって計測された反応管3内部の温度分布の情報に基づいて、前記加熱手段7a～7eの制御を行うことにより、被処理基板Wの温度の均一化が図られ得る。

上記第2の実施の形態は、3つの温度測定手段9a～9cを有しているが、少なくともいずれか1つの温度測定手段を採用すれば効果が期待できる。もっとも、3つ全てを完備することが最も好ましい。さらに、熱処理装置の稼働を妨げない範囲で、付加的な温度測定手段を配置することも可能である。

<第3の実施の形態>

本実施の形態では、上記第1の実施の形態の熱処理装置に加えて、反応管3を強制的に冷却するための冷却機構が設けられる。本実施の形態の熱処理装置の概略を図7に示す。図7において、図1の部材と同一の機能を有する部材については同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

以下、本実施の形態において特徴的な冷却機構を中心に説明する。

この冷却機構は、図7に見られるように、加熱炉本体1の壁体の下部に形成された冷却媒体供給口13と、これに接続された図示しない冷却媒体供給装置を有する冷却媒体供給系と、前記加熱炉本体蓋体2に形成された冷却媒体排出口14と、からなっている。

冷却媒体供給装置から例えば冷却空気のような媒体が、ポンプのような圧送装置によって、冷却媒体供給口 13 を介して加熱炉本体 1 内に圧入される。これにより、反応管 3 が強制的に冷却される。冷却媒体供給口 13 は、少なくとも 1 つ設けられていれば足りるが、好ましくは、反応管の周囲を均一に冷却できるように、複数設けられていることが望ましい。

このような冷却機構によって、熱処理装置の冷却時間を短縮し、熱処理装置稼働のスループットを向上させることができる。

<第 4 の実施の形態>

第 4 の実施の形態では、上記第 1 の実施の形態における熱処理装置に加えて、上記第 2 の実施の形態において説明した温度測定手段 8、上記第 3 の実施の形態において説明した冷却機構 13、14、および、反応管 3 上部の排気ガス排出口 6 と排気配管 16 との接続部付近の温度を制御するための温度制御手段 15 が設けられる。

本実施の形態の熱処理装置の概略を、図 8 に示す。図 8 において、図 1、図 5、図 7 の各部材と同等の部材には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

以下、本実施の形態において特徴的な排気ガス排出口と排気配管との接続部付近の温度を制御する温度制御手段を中心に説明する。

本実施の形態の熱処理装置は、前述したように、加熱炉本体 1 と、5 種の加熱手段 7a～7e と、3 種の温度測定手段 9a～9c と、冷却機構 13、14 と、を備えている。このような装置において、反応管 3 の上部の狭径化部 3b から延びる屈曲部 3c 及び排気ガス排出口 6 は、加熱炉本体 1 から突出している。従って、これらの部分の温度は、加熱炉本体の内部温度より低い。そして、これらの部分の温度が比較的低温であると、反応管 3 内に供給された反応ガス、あるいは、反応管 3 内において生成された生成ガスが、これらの部分において冷却され、固化析出物などが析出し、不純物膜が生成されてしまう。この所望しない膜が成長すると、当該膜は次第に剥離しやすくなる。熱応力などにより剥離した膜（析出物）はパーティクルとなって、反応管 3 内部に落下し、シリコンウェハなどの被処理基板 W を汚染し得る。これを回避するために、反応管 3 の上部領域の温度が

制御され、パーティクル汚染の原因となる析出物の生成が防止される。

排気ガス排出口 6 と排気配管 16 との接続部に近接して配置される温度制御手段 15 としては、断熱材もしくは抵抗加熱ヒータを使用することができる。特に、温度制御手段 15 として抵抗加熱ヒータを使用することが、保温効果を上げるために好ましい。

また、排気配管接続部の温度は、ウェハ処理温度（プロセス温度）と同一温度とすることが好ましい。これによって、反応管 3 の上部位置に設置されたウェハの温度均一性を大幅に向上させることができる。また、この場合、ウェハの温度の均一性を図るために通常被処理基板支持部材の最上段に配置されるダミーウェハを削減できる。これによって、加熱手段の高さも低くできる。

図 9 においては、温度制御手段 15 は複数に分割されて構成されているが、一体化されたものであっても差し支えない。

抵抗加熱ヒータとしては、不純物を含有することの少ないカーボンワイヤ製のヒータが好ましい。また、このヒータは、複雑な形状をしている排気配管接続部に捲回せる可撓性のヒータであってもよいし、排気配管接続部の形状に適合するように予め賦形されたヒータであってもよい。

可撓性のヒータとしては、カーボンファイバを複数本束ねて編成されたワイヤ状の加熱ヒータ本体と、当該加熱ヒータ本体の両端に取り付けられた金属端子と、を有するカーボンワイヤを用いることができる。このような可撓性のヒータは、上記反応管 3 の上部の排気配管接続部に捲回して設置することができる。

また、予め賦形されたヒータとしては、前記カーボンワイヤを所定形状に成形して 2 枚の石英ガラス板の間に挟着し、当該石英ガラスを加熱融着して所定形状を固定させた封止ヒータを用いることができる。この石英ガラスによる封止ヒータは、不純物汚染の可能性が極めて低いため、本発明のために好適に使用できる。

いずれの場合においても、不純物による汚染を避けるためには、温度制御手段の配設が簡単に行えるように装置設計を行うことが望ましい。

図 8 に示すように、排気配管接続部 6 は、前記反応管 3 の側面方向に向かって

約90度の角度で屈曲していることが好ましい。排気配管接続部6と排気配管16とが接続されている部分の温度が反応管3の本体温度よりも低下していると、当該部分において、排気ガス中に残留している反応ガスや生成ガスが冷却され、固化して、不純物膜を形成してしまう。そして当該不純物膜が剥離するとパーティクルが発生してしまう。従って、当該接続部分が被処理基板支持部材の直上部に位置されていると、当該接続部分において発生したパーティクルが、被処理基板支持部材上に直接落下し、シリコンウェハの汚染を招くことになる。従って、たとえば排気配管接続部6と排気配管16の接続部分においてパーティクルが発生したとしても直接被処理基板支持部材に落下しないように、排気配管接続部6の形状を屈曲させることが望ましい。

さらに、排気配管接続部6を屈曲させることによって、反応管3を加熱している抵抗加熱ヒータ7からの放射熱が、排気配管接続部6の端部に形成されているフランジ17a（図9参照）および排気配管16を直接照射することがない。このため、これらの部材の温度制御が容易である。この点からは、排気配管接続部6の端部は、反応管3本体の側壁面の延長線付近まで延出していることが望ましい。

図9に示すように、排気配管接続部6の端部に形成されたフランジ17aに、排気配管16側のフランジ17bが、フッ素樹脂系などのエラストマーでできているリング18を介して気密を保持するように衝合固定されている。

リング18（エラストマー）の耐熱温度は、通常300℃程度である。従って、リング18が高温に加熱されると、リング18は性能劣化して気密保持性が低下する。このような気密保持性の低下を防止するため、リング18に近接する部分の温度を制御する必要がある。本実施の形態では、フランジ17bに温度制御のための流体通路19が形成され、当該流体通路19に冷却水のような温度制御用の流体が流されている。これにより、フランジ17bの温度が最適に制御されるようになっている。また、排気配管16側のフランジ17bの側壁部に沿って抵抗加熱ヒータのような温度制御手段15を配置することによって、さらに温度分布を精度よく制御することができる。

排気配管接続部6の端部に接続される排気配管16には、図示しない真空ポン

ブ等の吸引手段が接続される。これにより、反応管 3 内が真空引きされると共に、残存反応ガスや生成ガスなどが反応管 3 内から排気されるように構成されている。

本実施の形態では、排気配管 1 6 の周囲にも温度制御手段 1 5 が配設されている。これにより、さらに精度の高い温度制御が可能となっている。温度制御手段 1 5 としては、電気加熱ヒータが、制御が容易であることから望ましい。排気配管 1 6 の温度は、150～300℃の範囲に制御されることが好ましい。特に好ましい排気配管 1 6 の温度は、200℃である。このような温度制御によって、反応管 3 からの排気が排気配管 1 6 を通過しても、排気配管 1 6 中に不要な析出物である不純物膜が生じることが防止される。

排気配管 1 6 から排出される排気ガスは、排気配管 1 6 に接続される図示しない冷却フィンなどを有するトラップによって、冷却される。これにより、反応管 3 から排気される排気ガス（残留反応ガスや生成ガスなど）が固化されて捕捉され得る。このトラップは、排気配管 1 6 の他端部のフランジ（不図示）と排気配管 1 6 に接続される真空ポンプ（不図示）との間に配設されることが好ましい。

上述のように、本実施の形態の熱処理装置においては、排気配管接続部 6 の温度を制御するための温度制御手段 1 5、排気配管 1 6 側のフランジ 1 7 b に埋め込まれた温度制御用流体の流通孔 1 9、排気配管 1 6 側のフランジ 1 7 b 側壁部に配置された温度制御手段 1 5 および排気配管 1 6 に沿って配設された温度制御手段 1 5 によって、各部材の温度が積極的に制御される。このため、これらの部材付近において不要な固体析出物である不純物膜が生成されること及び当該不純物膜からパーティクルが発生することが効果的に防止され得る。

以上の発明の実施の形態においては、被処理体としてシリコンウエハの例を取って説明したが、被処理体としてはシリコンウエハに限らず、LCD 基板、ガラス基板にも適用できることはもちろんである。

請 求 の 範 囲

1. 上端に開口部を有する加熱炉本体と、
前記加熱炉本体の内部に収容された単一の管からなる反応管と、
前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、
前記加熱炉本体の内部に収容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、
前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、
を備え、
前記加熱手段は、
前記反応管の周囲に配置された第1加熱部と、
前記排気手段接続部の周囲に配置された第2加熱部と、
前記反応管の上方部の周囲に配置された第3加熱部と、
前記反応管の下方部の周囲に配置された第4加熱部と、
前記被処理基板支持部材の下部に配置された第5加熱部と、
を有している
ことを特徴とする熱処理装置。
2. 前記第1加熱部は、前記反応管の長手方向に平行に配置された複数の線状発熱素子によって構成されている
ことを特徴とする請求項1に記載の熱処理装置。
3. 前記第1加熱部は、前記反応管の長手方向に平行に配置された複数のU字状に屈曲した発熱素子によって構成されている
ことを特徴とする請求項1に記載の熱処理装置。
4. 前記第2加熱部は、スパイラル状に配置された線状発熱素子によって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の熱処理装置。

5. 前記第 3 加熱部は、スパイラル状に配置された線状発熱素子によって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の熱処理装置。

6. 前記第 3 加熱部は、つづら折り状に配置された線状発熱素子によって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の熱処理装置。

7. 前記第 4 加熱部は、前記反応管の周方向に見て長方形を形成するようなスパイラル状に配置された線状発熱素子によって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の熱処理装置。

8. 前記第 4 加熱部は、つづら折り状に配置された線状発熱素子によって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の熱処理装置。

9. 前記第 5 加熱部は、面状発熱体によって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の熱処理装置。

10. 前記第 5 加熱部は、前記被処理基板支持部材の下部平面に沿って配置された発熱素子によって構成されている

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の熱処理装置。

11. 前記線状発熱素子は、抵抗発熱体をセラミック中空管状体中に封入して構成されている

ことを特徴とする請求項 2 及び 4 乃至 8 のいずれかに記載の熱処理装置。

12. 前記面状発熱体は、抵抗発熱体をセラミック中空板状体中に封入して構成されている

ことを特徴とする請求項9に記載の熱処理装置。

13. 前記セラミックは、石英である

ことを特徴とする請求項11または12に記載の熱処理装置。

14. 前記第2加熱部は、水平方向に移動可能に支持されていることを特徴とする請求項1乃至13のいずれかに記載の熱処理装置。

15. 上端に開口部を有する加熱炉本体と、
前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、
前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、
前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、

前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、

前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、

を備え、

前記被処理基板支持部材は、

天板と、

底板と、

前記天板と前記底板とを結合する複数の支柱と、
を有し、

前記底板の中央部には、当該被処理基板支持部材を支持するための柱状体が固着されており、

前記複数の支柱には、前記被処理基板を支持するための溝部が形成されていることを特徴とする熱処理装置。

16. 前記柱状体は、石英からなる中空の部材で構成されていることを特徴とする請求項15に記載の熱処理装置。

17. 上端に開口部を有する加熱炉本体と、
前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、
前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、
前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、
前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、
前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、
複数の温度測定素子を中空管状体中に封止して構成された温度測定手段と、
を備えたことを特徴とする熱処理装置。

18. 前記中空管状体は、石英チューブであることを特徴とする請求項17に記載の熱処理装置。

19. 前記温度測定手段は、前記加熱手段の近傍に配置されていることを特徴とする請求項17または18に記載の熱処理装置。

20. 前記中空管状体は、前記反応管下部蓋体から当該反応管内に回転自在に挿入されていることを特徴とする請求項17乃至19のいずれかに記載の熱処理装置。

21. 前記中空管状体は、前記反応管下部蓋体に対して、回転自在かつ着脱自在に支持されていることを特徴とする請求項20に記載の熱処理装置。

22. 前記中空管状体は、前記被処理基板支持部材に対しても、着脱自在に支持されている

ことを特徴とする請求項20または21に記載の熱処理装置。

23. 前記被処理基板支持部材は、複数の被処理基板を水平に支持するようになっており、

前記中空管状体の一部は、前記被処理基板支持部材により支持される複数の被処理基板間の間隙に位置できるようになっている

ことを特徴とする請求項17乃至22のいずれかに記載の熱処理装置。

24. 前記中空管状体は、枝分かれした分岐部を有しており、

複数の温度測定素子は、前記分岐部中にも配置されている

ことを特徴とする請求項17乃至23のいずれかに記載の熱処理装置。

25. 前記中空管状体は、

前記反応管の内部壁面に沿って上方に伸びる鉛直部と、

前記鉛直部から前記反応管の上方部において屈曲する屈曲部と、

前記屈曲部から水平に伸びる水平部と、

を有している

ことを特徴とする請求項17乃至22のいずれかに記載の熱処理装置。

26. 前記中空管状体は、

前記鉛直部から前記反応管の長手方向の中間部において分岐する分岐部と、

前記分岐部から水平に伸びる第2水平部と、

を更に有している

ことを特徴とする請求項24に記載の熱処理装置。

27. 前記中空管状体は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙に配置

されている

ことを特徴とする請求項 17 または 18 に記載の熱処理装置。

28. 上端に開口部を有する加熱炉本体と、
前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、
前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、
前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、

前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、

前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、

複数の温度測定素子を第 1 中空管状体中に封止して構成された第 1 温度測定手段と、

複数の温度測定素子を第 2 中空管状体中に封止して構成された第 2 温度測定手段と、

複数の温度測定素子を第 3 中空管状体中に封止して構成された第 3 温度測定手段と、

を備え、

第 1 中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の長手方向の中間部から水平に伸びており、

第 2 中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の上方部から水平に伸びており、

第 3 中空管状体の少なくとも一部は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙に配置されている

ことを特徴とする熱処理装置。

29. 上端に開口部を有する加熱炉本体と、

前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、

前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、
前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、
前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、
前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、
複数の温度測定素子を第2中空管状体中に封止して構成された第2温度測定手段と、
複数の温度測定素子を第3中空管状体中に封止して構成された第3温度測定手段と、
を備え、
第2中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の上方部から水平に伸びており、
第3中空管状体の少なくとも一部は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙に配置されている
ことを特徴とする熱処理装置。

30. 上端に開口部を有する加熱炉本体と、
前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、
前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、
前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、
前記被処理基板支持部材により支持される被処理基板を加熱するための加熱手段と、
前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、
前記加熱炉本体と前記反応管との間の間隙の上方部及び下方部にそれぞれ形成された2つの開孔と、

を備え、

前記開孔の一方から冷却用媒体が導入され、前記開孔の他方から当該冷却用媒体が排出されて、前記反応管が冷却されるようになっていることを特徴とする熱処理装置。

31. 上端に開口部を有する加熱炉本体と、
前記加熱炉本体の内部に收容された単一の管からなる反応管と、
前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、
前記加熱炉本体の内部に收容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、

前記被処理基板支持部材により支持された被処理基板を加熱するための加熱手段と、

前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、

複数の温度測定素子を第2中空管状体中に封止して構成された第2温度測定手段と、

複数の温度測定素子を第3中空管状体中に封止して構成された第3温度測定手段と、

を備え、

前記加熱手段は、

前記反応管の周囲に配置された第1加熱部と、

前記排気手段接続部の周囲に配置された第2加熱部と、

前記反応管の上方部の周囲に配置された第3加熱部と、

前記反応管の下方部の周囲に配置された第4加熱部と、

前記被処理基板支持部材の下部に配置された第5加熱部と、

を有しており、

第2中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の上方部から水平に伸びており、

第3中空管状体の少なくとも一部は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間

隙に配置されている
ことを特徴とする熱処理装置。

32. 上端に開口部を有する加熱炉本体と、
前記加熱炉本体の内部に収容された単一の管からなる反応管と、
前記反応管の上部に狭径状に形成された排気手段接続部と、
前記加熱炉本体の内部に収容された、被処理基板を支持するための被処理基板支持部材と、

前記被処理基板支持部材により支持された被処理基板を加熱するための加熱手段と、

前記反応管の下部を密封して、前記反応管の内部を気密に保持する反応管下部蓋体と、

複数の温度測定素子を第1中空管状体中に封止して構成された第1温度測定手段と、

複数の温度測定素子を第2中空管状体中に封止して構成された第2温度測定手段と、

複数の温度測定素子を第3中空管状体中に封止して構成された第3温度測定手段と、

を備え、

前記加熱手段は、

前記反応管の周囲に配置された第1加熱部と、

前記排気手段接続部の周囲に配置された第2加熱部と、

前記反応管の上方部の周囲に配置された第3加熱部と、

前記反応管の下方部の周囲に配置された第4加熱部と、

前記被処理基板支持部材の下部に配置された第5加熱部と、
を有しており、

第1中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の長手方向の中間部から水平に伸びており、

第2中空管状体の少なくとも一部は、前記反応管の上方部から水平に伸びてお

り、

第3中空管状体の少なくとも一部は、前記加熱炉本体と前記反応管との間の間に配置されている

ことを特徴とする熱処理装置。

33. 前記排気手段接続部の周囲に、温度制御手段が設けられていることを特徴とする請求項31または32に記載の熱処理装置。

34. 前記温度制御手段は、断熱材であることを特徴とする請求項33に記載の熱処理装置。

35. 前記温度制御手段は、抵抗加熱ヒータであることを特徴とする請求項33に記載の熱処理装置。

36. 前記温度制御手段は、可撓性を有することを特徴とする請求項34または35に記載の熱処理装置。

37. 前記温度制御手段は、予め成形されていることを特徴とする請求項34または35に記載の熱処理装置。

38. 前記排気手段は、端部にフランジが形成された排気配管であり、前記排気手段接続部の端部には、フランジが形成されており、前記排気手段接続部の端部のフランジと前記排気配管の端部のフランジとが、シール手段を介して気密に接続されていることを特徴とする請求項31乃至37のいずれかに記載の熱処理装置。

39. 前記温度制御手段は、フランジ内に設けられた流体流通孔を有することを特徴とする請求項38に記載の熱処理装置。

1/10

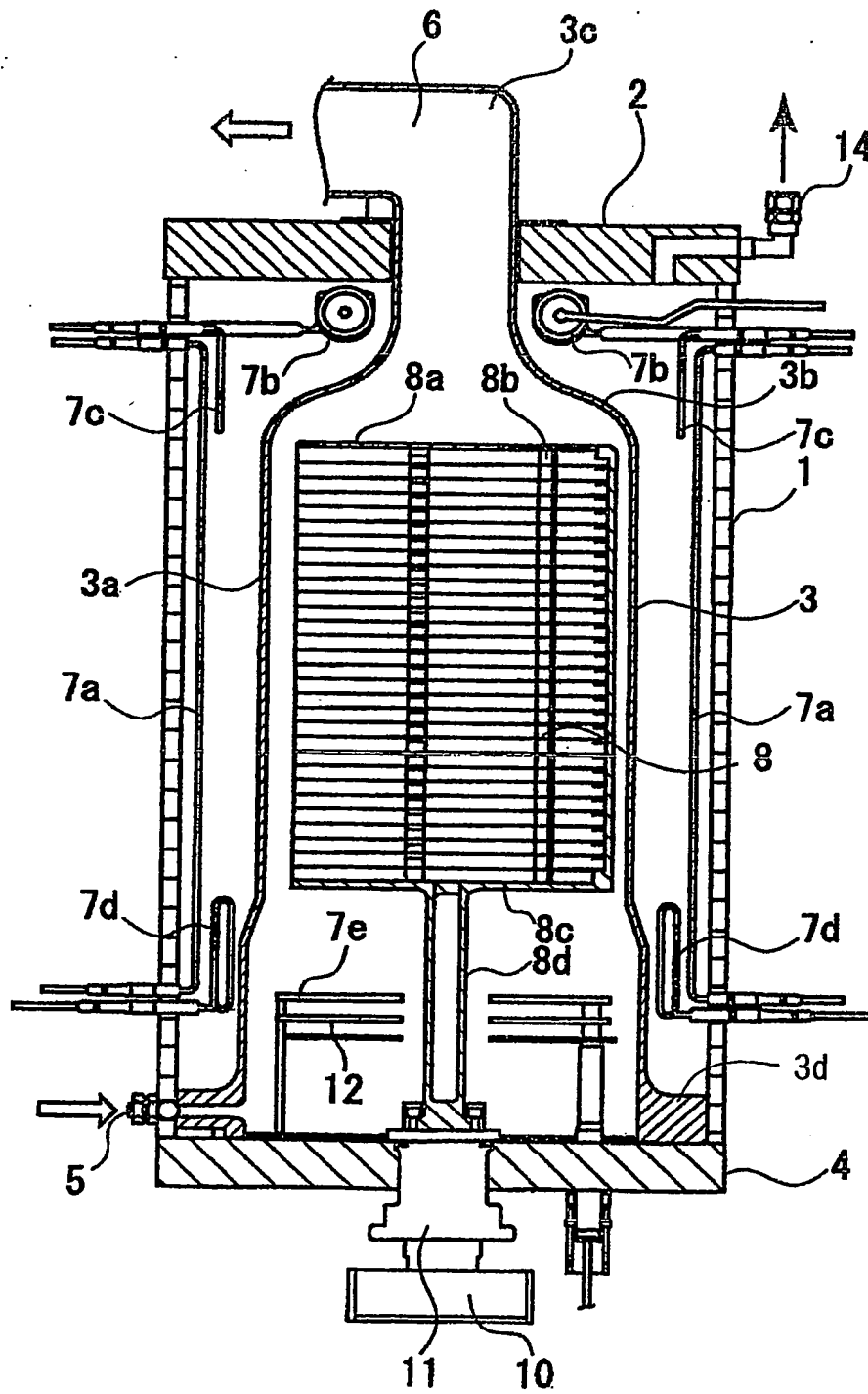


FIG. 1

2/10

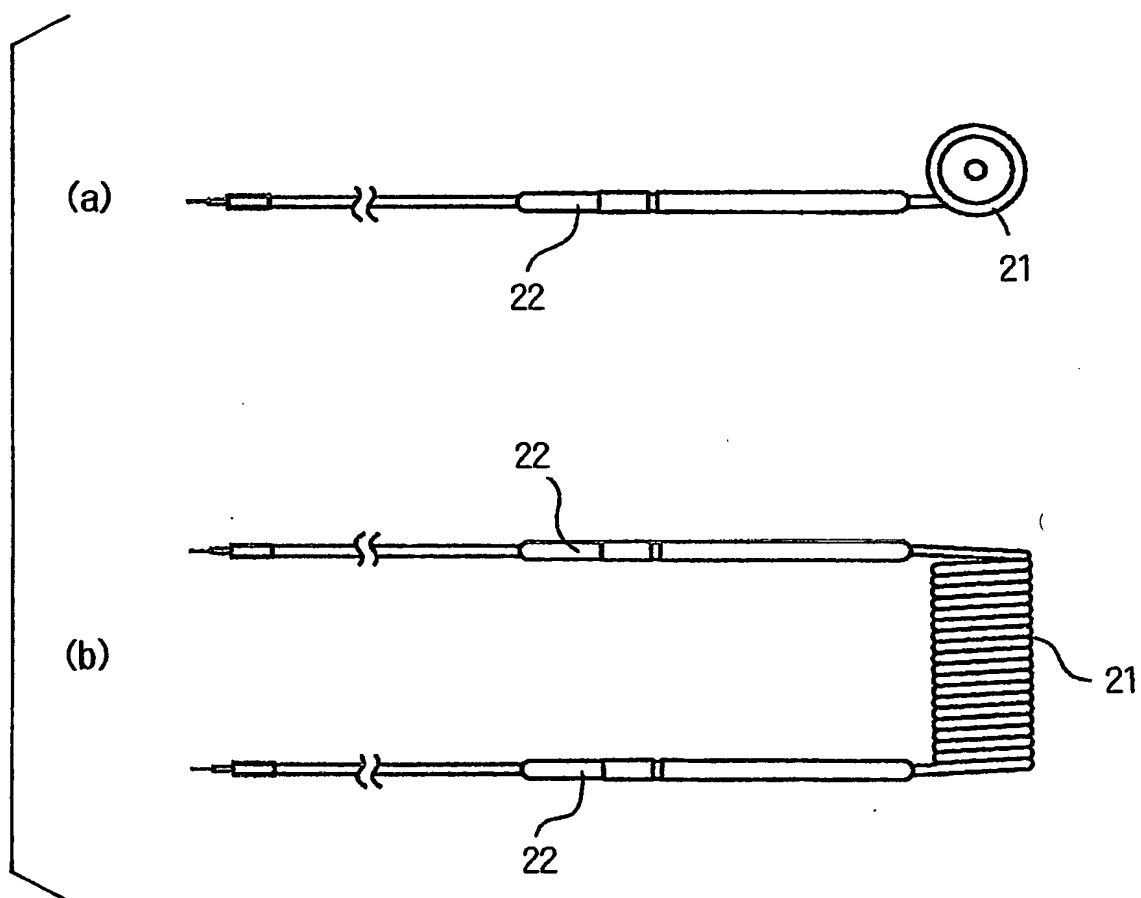


FIG. 2

3/10

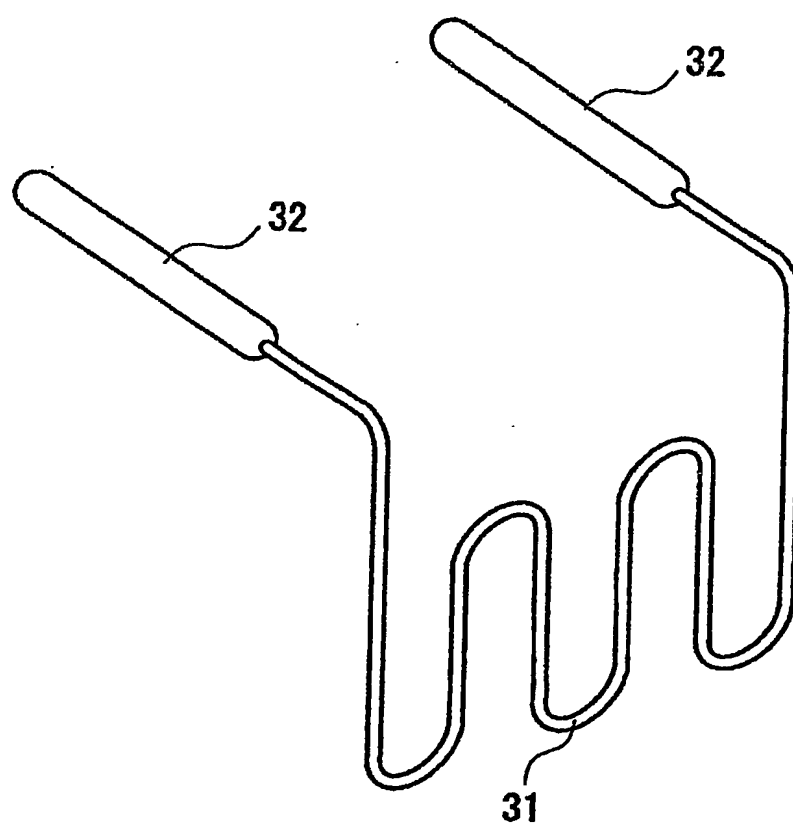


FIG. 3

4 / 10

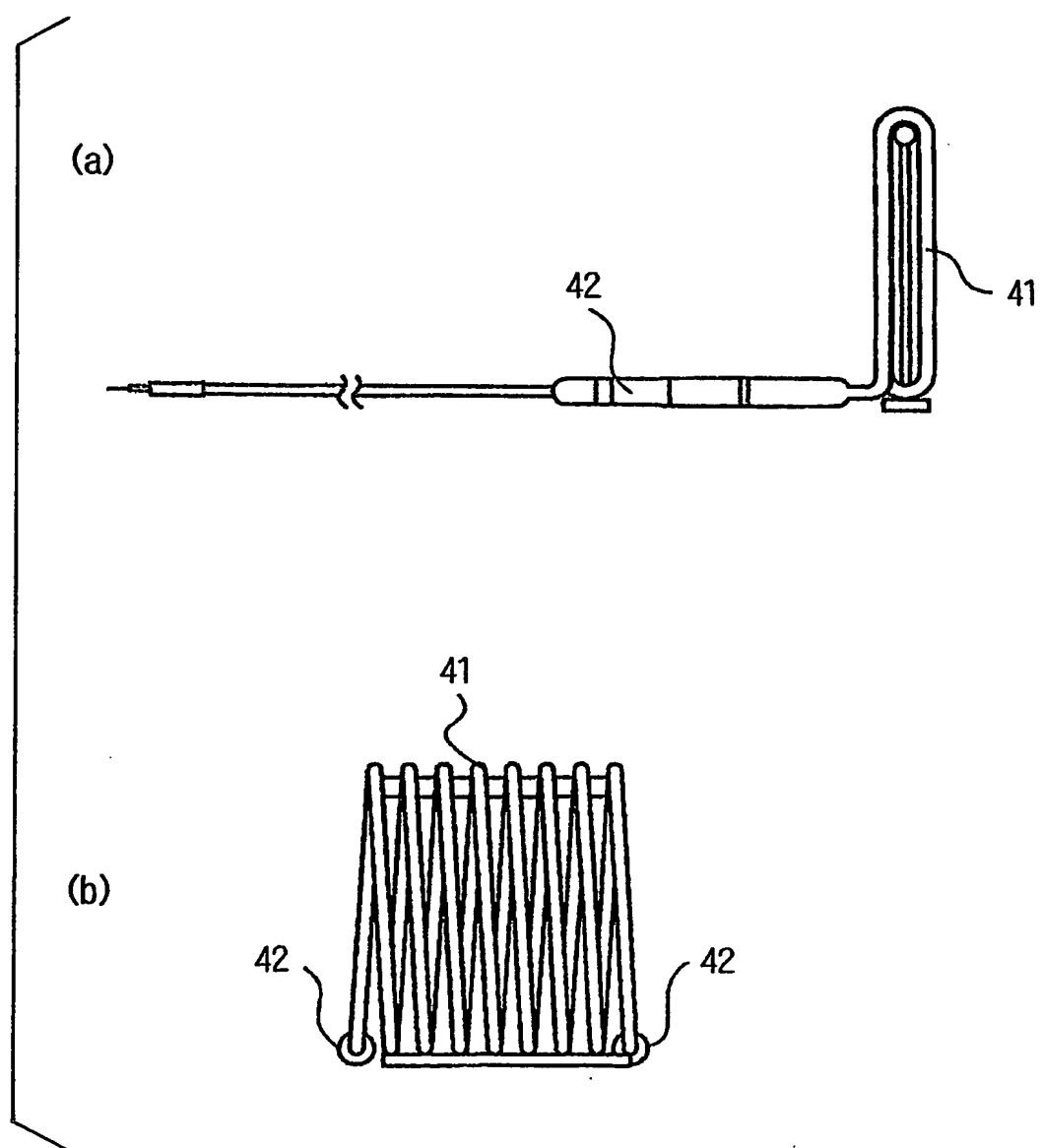


FIG. 4

5/10

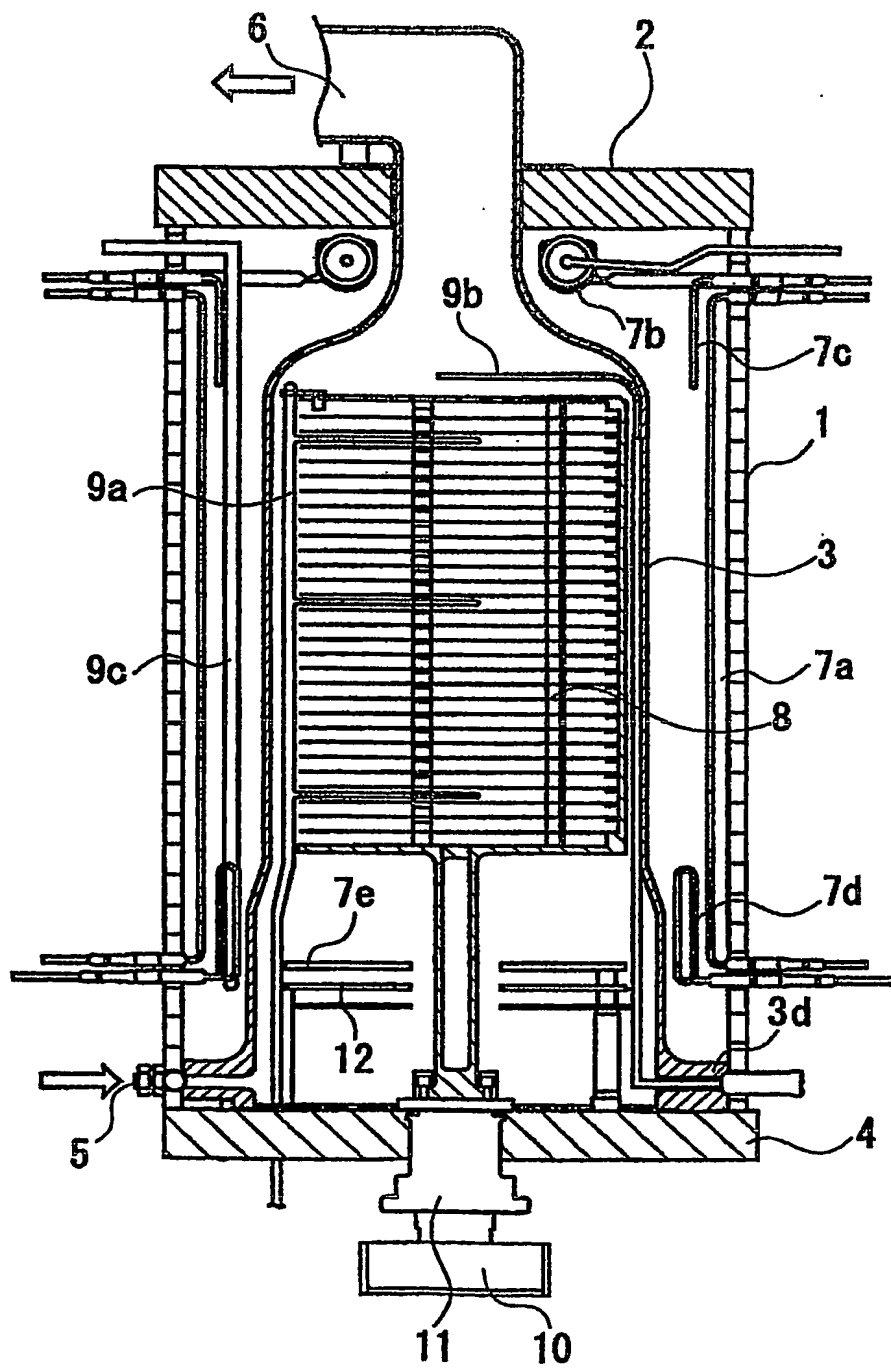


FIG. 5

6/10

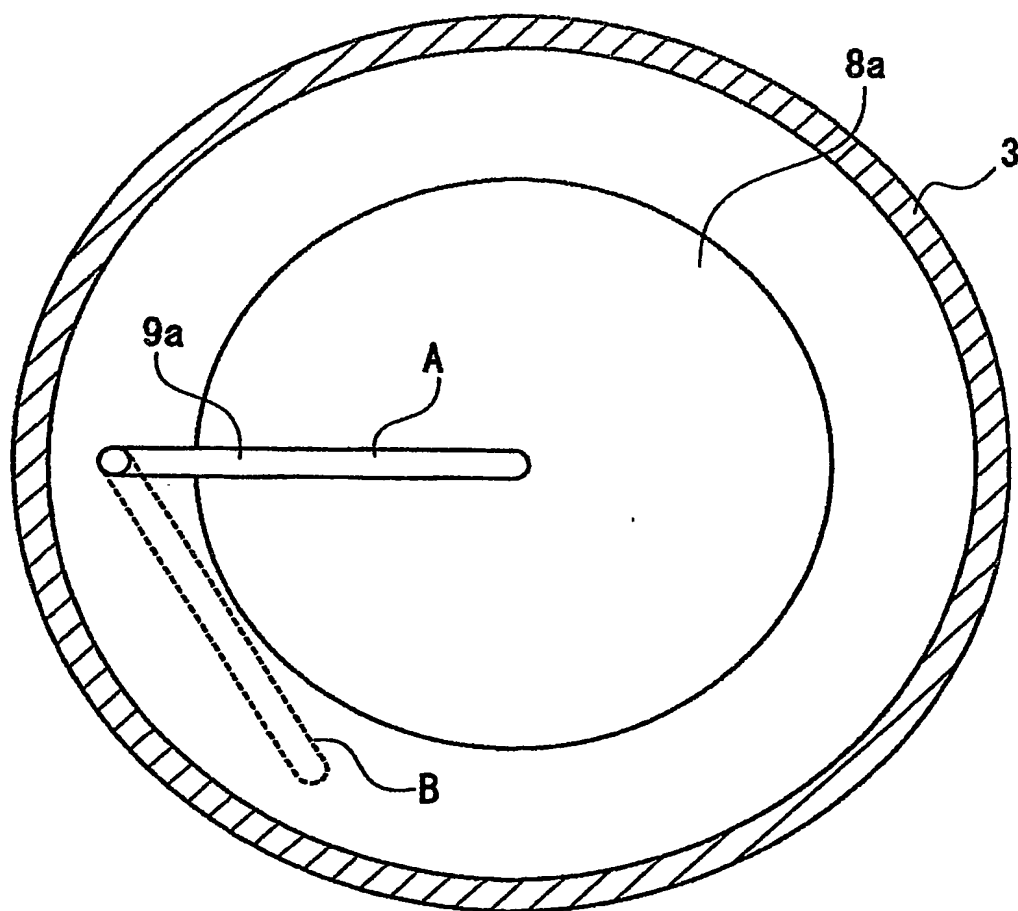


FIG. 6

7/10

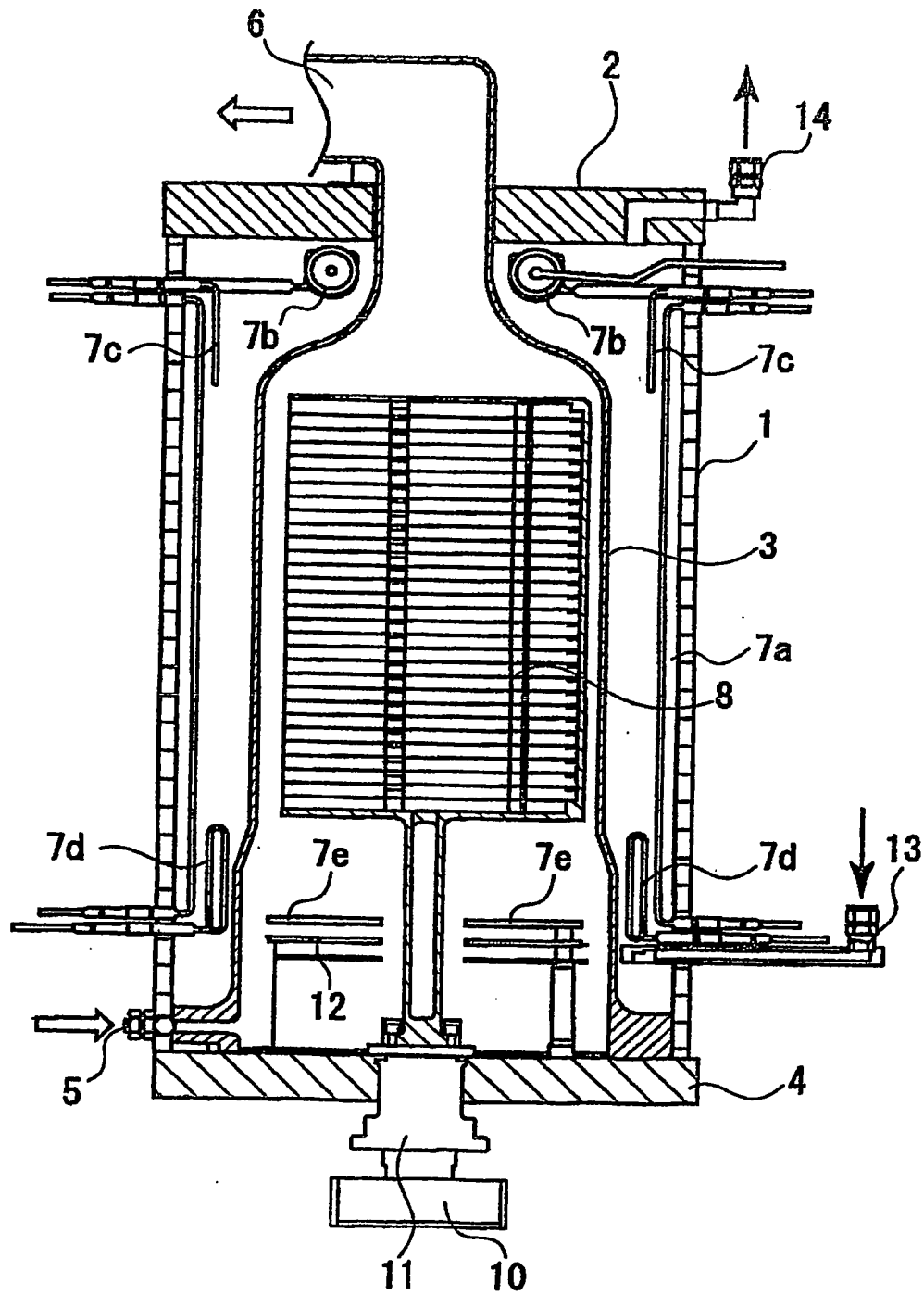


FIG. 7

8/10

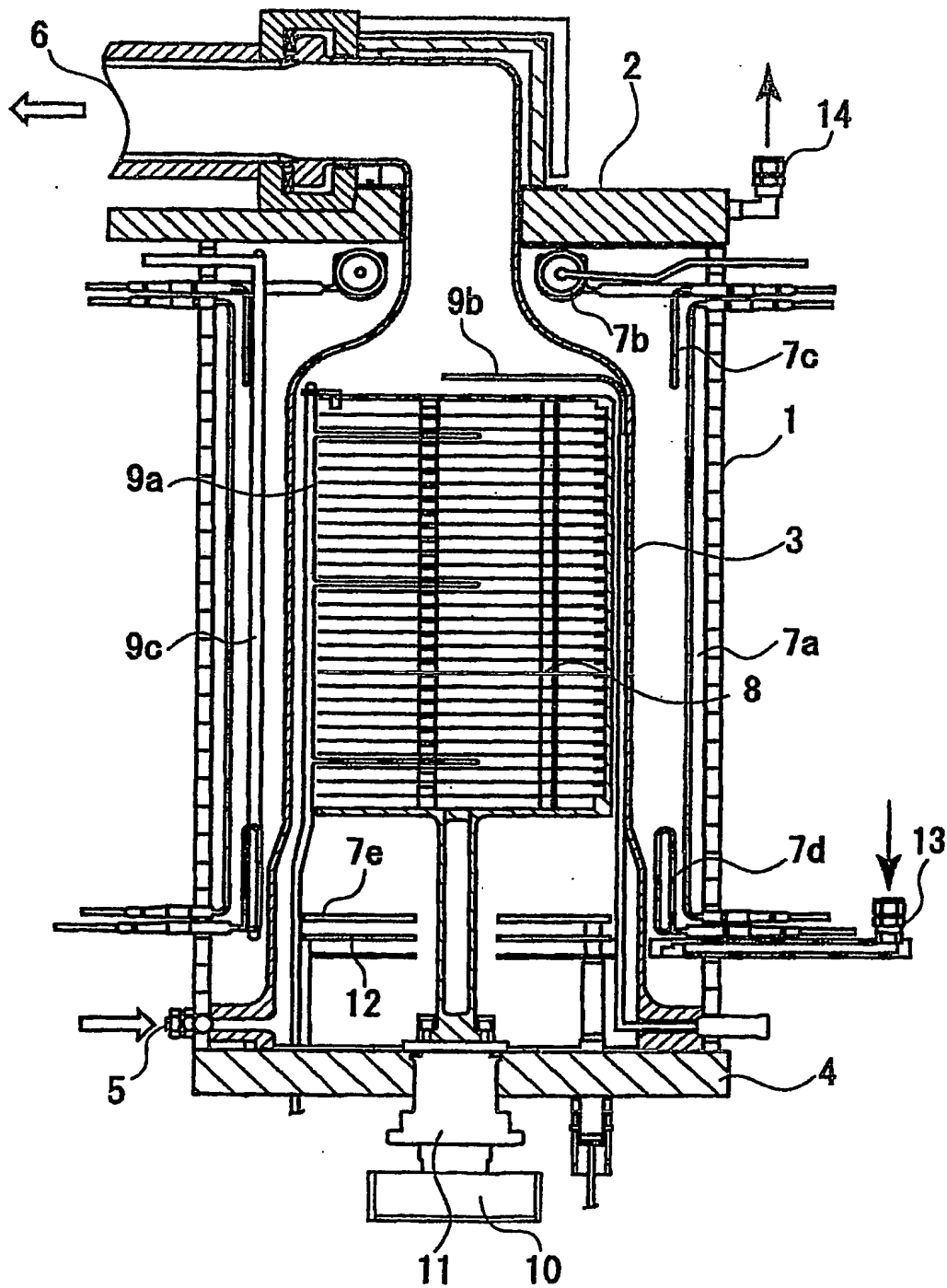


FIG. 8

9/10

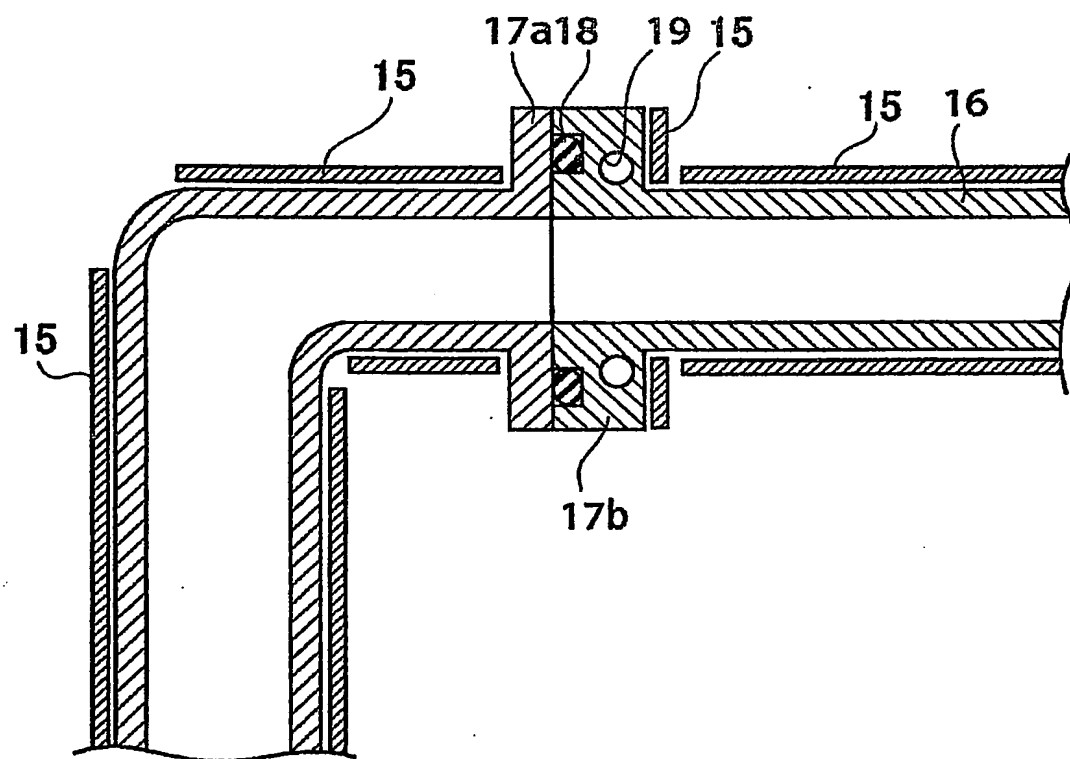


FIG. 9

10/10

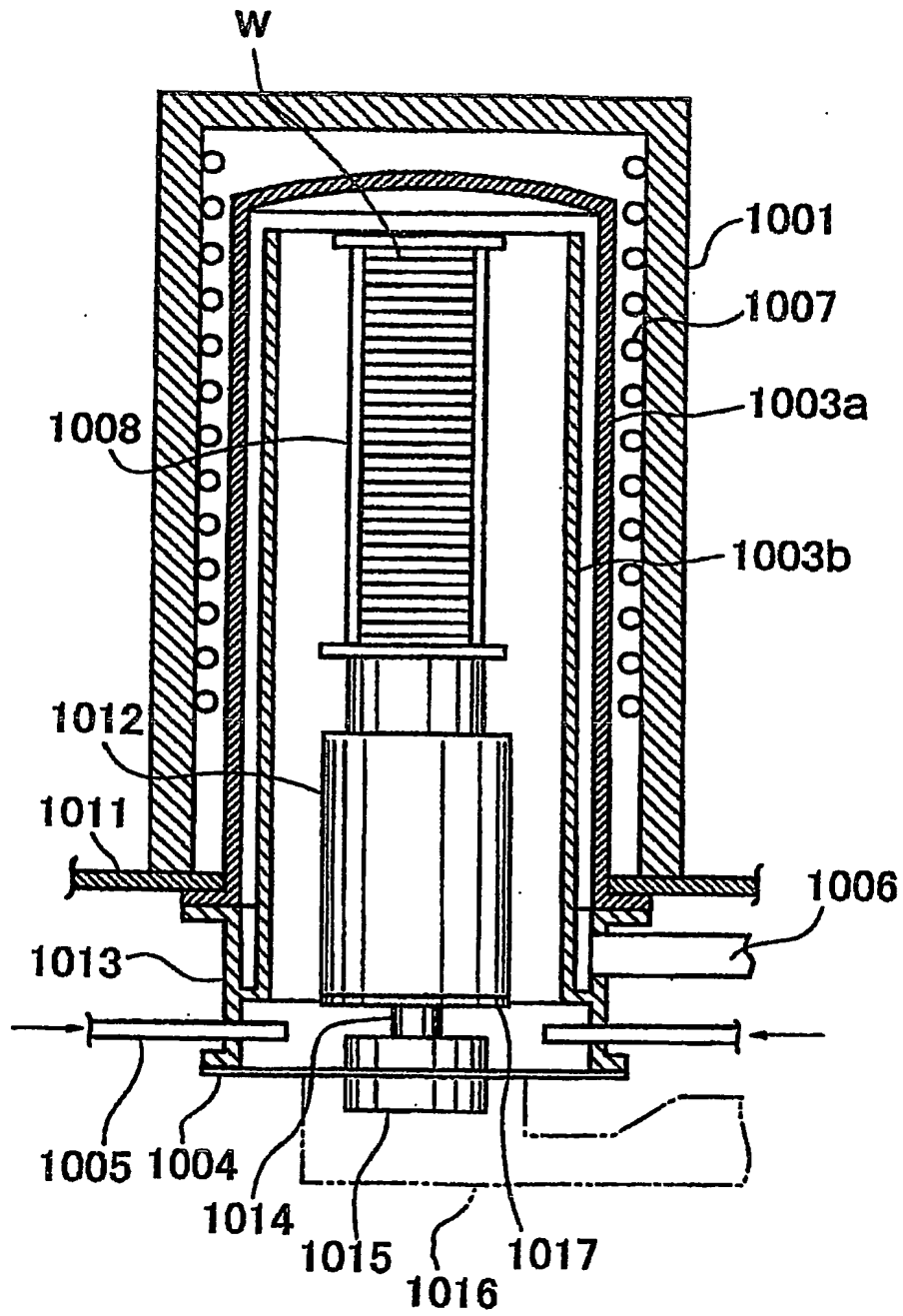


FIG. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11100

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L21/22, H01L21/31

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L21/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2001/0054386 A1 (Yukimasa SAITO), 27 December, 2001 (27.12.01), Full text; Figs. 1 to 2 & JP 2002-9009 A Full text; Figs. 1 to 2 & KR 2000116 A	1-16 17-39
Y	JP 6-196427 A (Kawasaki Steel Corp.), 15 July, 1994 (15.07.94), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1-39

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 October, 2003 (22.10.03)Date of mailing of the international search report
04 November, 2003 (04.11.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11100

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/0055080 A1 (Kazuo TANAKA et al.), 09 May, 2002 (09.05.02), Full text; Figs. 1 to 12 & JP 2002-175123 A Full text; Figs. 1 to 12 & KR 2025789 A	1-39
Y	JP 2002-208591 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 26 July, 2002 (26.07.02), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-39
Y	JP 2002-164298 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 07 June, 2002 (07.06.02), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-39

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/22, H01L21/31

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 2001/0054386 A1 (Yukimasa SAITO)	1-16
Y	2001. 12. 27, 全文, 第1-2図 & JP 2002-9009 A, 全文, 第1-2図 & KR 2000116 A	17-39
Y	JP 6-196427 A (川崎製鉄株式会社) 1994. 07. 15, 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	1-39

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22. 10. 03

国際調査報告の発送日

04.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮崎 園子

4 L

9277

電話番号 03-3581-1101 内線 3498

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 2002/0055080 A1 (K a z u o T A N A K A e t a l.) 2002. 05. 09, 全文, 第1-12図 & J P 2002-175123 A, 全文, 第1-12図 & K R 2025789 A	1-39
Y	J P 2002-208591 A (株式会社日立国際電気) 2002. 07. 26, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-39
Y	J P 2002-164298 A (株式会社日立国際電気) 2002. 06. 07, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-39

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.